

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050287

International filing date: 24 January 2005 (24.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 013 251.8
Filing date: 18 March 2004 (18.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2005 (17.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

PCT/EP200 5/ 0 5 0 2 8 7

25.01.05



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10.2004 013 251.8

Anmeldetag: 18. März 2004

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Ultraschall-Strömungssensor mit Wandlerarray und Reflexionsfläche

IPC: G 01 F, G 01 P, F 27 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

5 03.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Beschreibung

10

Ultraschall-Strömungssensor mit Wandlerarray und
Reflexionsfläche

15

Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor, insbesondere zum Messen des Volumen- oder Massestroms eines Fluids, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

20

25

30

Ultraschall-Strömungssensoren werden insbesondere eingesetzt, um den Volumen- oder Massestrom oder die Strömungsgeschwindigkeit eines gasförmigen oder flüssigen Mediums zu messen, das durch eine Rohrleitung fließt. Ein typischer Ultraschall-Strömungssensor umfasst zwei in Strömungsrichtung versetzt angeordnete Ultraschallwandler, die Ultraschallsignale erzeugen und diese an den jeweils anderen Ultraschallwandler aussenden, der sie empfängt. Je nach Ausstrahlungsrichtung werden die Ultraschallsignale von der Strömung entweder beschleunigt oder verlangsamt. Die Ultraschallsignale werden daher von den beiden Wandlern nach unterschiedlichen Laufzeiten empfangen. Aus dem Laufzeitunterschied des Ultraschallsignals in Strömungsrichtung und des Ultraschallsignals in der Gegenrichtung kann eine Auswerteelektronik schließlich die gewünschte Messgröße berechnen.

35

40

Ein anderer Typ von Ultraschall-Strömungssensoren nutzt den Effekt der Strahlverwehung. Dieser Typ umfasst in der Regel zwei an einer Rohrleitung gegenüberliegend angeordnete Wandlerarrays (Reihenanzordnung mehrerer Wandler), von denen das eine als Sendearray und das andere als Empfangsarray arbeitet. Das Sendearray sendet dabei ein Ultraschallsignal an das gegenüberliegende Empfangsarray, wo das Signal

5 detektiert wird. Fließt durch die Rohrleitung ein Fluid mit
einer Strömungsgeschwindigkeit v , so werden die quer zur
Strömungsrichtung ausgesendeten Schallwellen von der Strömung
mitgeführt und dadurch in Strömungsrichtung abgelenkt
(Strahlverwehung). Der Aufbau eines solchen Ultraschall-
10 Strömungssensors mit zwei Wandlerarrays ist relativ aufwändig
und kompliziert.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen
Ultraschall-Strömungssensor, der nach dem Prinzip der
15 Strahlverwehung arbeitet, zu schaffen, der einfach aufgebaut
ist und wesentlich kostengünstiger realisiert werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im
Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale. Weitere
20 Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von
Unteransprüchen.

Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht darin, einen
Ultraschall-Strömungssensor mit nur einem einzigen
25 Wandlerarray und einer gegenüberliegenden Reflexionsfläche zu
realisieren, und den Strömungssensor derart zu betreiben,
dass das Wandlerarray Ultraschallsignale an die
gegenüberliegende Reflexionsfläche aussendet und die
reflektierten Signale wieder empfängt. Das Ausmaß der
30 Strahlverwehung ist dabei ein Maß für die Strömungs-
geschwindigkeit des strömenden Mediums. Ein wesentlicher
Vorteil dieses Strömungssensors besteht darin, dass nur ein
einziges Wandlerarray erforderlich ist und ein derartiger
Sensor besonders kostengünstig hergestellt werden kann.

35 Unter dem Begriff "Wandlerarray" wird hier im besonderen eine
Reihenanzordnung von mehreren Ultraschallwandlern verstanden,
die vorzugsweise unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet
sind. Die einzelnen Wandler sind vorzugsweise fluchtend
40 angeordnet und erzeugen z.B. ebene oder zylinderförmige
Ultraschallwellen. Das Wandlerarray kann aber auch derart

5 gebildet sein, dass kugelförmige, ellipsoidförmige oder auf sonstige Weise gekrümmte Wellenfronten erzeugt werden.

Das erfindungsgemäße Wandlerarray wird vorzugsweise gepulst betrieben. D.h., die einzelnen Ultraschallwandler des
10 Wandlerarrays werden pulsartig elektrisch angeregt und erzeugen ein entsprechendes Ultraschallsignal, das nach seiner Laufzeit - die im wesentlichen vom Rohrdurchmesser und der Schallgeschwindigkeit im Fluid abhängig ist - wieder von den Wandlern empfangen wird.

15

Die Häufigkeit der Anregungen pro Zeit, d.h. die Anzahl der Ultraschallsignale, die gleichzeitig die Messstrecke durchlaufen, ist prinzipiell frei wählbar. Dabei ist nur zu berücksichtigen, dass herkömmliche Wandler nicht gleichzeitig
20 senden und empfangen können und somit Senden und Empfangen nicht auf einen Zeitpunkt zusammen fallen dürfen.

Der Sensor kann gemäß einer ersten Betriebsart z.B. ähnlich wie im „sing-around“ (Anmerkung: sing-around bezieht sich
25 normalerweise darauf, dass Laufzeitmessung durchgeführt wird) Verfahren betrieben werden, bei dem der Empfang eines Ultraschallsignals am Wandlerarray jeweils die Erzeugung eines neuen Ultraschallsignals auslöst. Dadurch laufen die Ultraschallsignale fortlaufend hin und her.

30

Gemäß einer zweiten Betriebsart wird die Erzeugung der Ultraschallsignale von einem Oszillator gesteuert periodisch so ausgelöst, dass immer erst nach dem Empfang eines Ultraschallsignals ein neues Ultraschallsignal gesendet wird.

35

Gemäß einer dritten Betriebsart wird das Wandlerarray derart angesteuert, dass es innerhalb einer Umlaufzeit (d.h. die Zeit, die ein Ultraschallsignal vom Wandlerarray zur Reflexionsfläche und zurück benötigen würde) eine Sequenz aus
40 mehreren Ultraschallsignalen sendet. In diesem Fall wird, noch bevor das erste der Ultraschallsignale das Wandlerarray

5 wieder erreicht hat, wenigstens ein weiteres Signal in die
Messstrecke eingekoppelt. Dadurch kann die Anzahl der
Messungen pro Zeit wesentlich erhöht und somit auch die
Messgenauigkeit gesteigert werden, wobei die Messdauer
gegenüber n Einzelmessungen wesentlich kürzer ist. Der
10 zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Ultraschallsignalen
einer Sequenz ist dabei so zu wählen, dass ein Wandler
empfangsbereit ist, d.h. nicht gerade im Sendebetrieb
arbeitet, wenn ein reflektiertes Ultraschallsignal am Wandler
eintrifft.

15 Der Ultraschall-Strömungssensor umfasst vorzugsweise eine
Sendeelektronik, mit der die einzelnen Ultraschallwandler
individuell und unabhängig voneinander angeregt werden
können. Dadurch wird es möglich, die Gangunterschiede der
20 einzelnen, von den Ultraschallwandlern ausgesendeten Signale
derart einzustellen, dass durch Interferenz eine globale
Ultraschallwelle mit vorgebbarer Wellenfront entsteht. So
kann z.B. eine im wesentlichen zylinderförmige oder
kugelförmige Wellenfront erzeugt werden, die an der
25 gegenüberliegenden Reflexionsfläche reflektiert wird und
fokussiert wieder auf das Wandlerarray trifft. Die
Reflexionsfläche kann in diesem Fall einfach ein Teil der
Rohrinnenwand sein, ohne dass eine spezielle Anpassung der
Wand erforderlich wäre.

30 Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung werden die
einzelnen Wandler des Wandlerarrays synchron angeregt, so
dass durch Interferenz der Einzelsignale eine Welle mit
ebener Wellenfront entsteht. In diesem Fall ist die
35 Reflexionsfläche vorzugsweise derart gekrümmt, dass die ebene
Welle fokussiert wird und gebündelt auf das Wandlerarray
trifft. Um die Strömung möglichst wenig zu behindern, sollte
die Reflexionsfläche außerdem derart gestaltet sein, dass sie
der Strömung wenig Widerstand bietet und keine Turbulenzen
40 erzeugt. Die Reflexionsfläche kann zu diesem Zweck z.B. als

5 eine in der Rohrrinnenwand befindliche Ausbuchtung realisiert sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist auf der Seite der Reflexionsfläche eine Abblendeinrichtung
10 vorgesehen, die bewirkt, dass derjenige Teil des Ultraschallsignals, der auf die Abblendeinrichtung trifft, nicht oder nur gedämpft auf das Wandlerarray zurück reflektiert wird. Die Abblendeinrichtung kann z.B. derart realisiert sein, dass das auftreffende Ultraschallsignal
15 absorbiert, gestreut oder aus dem Schallweg des Nutzsignals heraus reflektiert wird. Dadurch wird auf dem Wandlerarray ein Intensitätsmuster abgebildet, dessen Grenzen relativ scharf sind und somit gut erfasst werden kann.

20 Die Abblendeinrichtung kann z.B. ein Bereich der Innenwandfläche sein, der z.B. aufgeraut oder mit feinen Rillen versehen ist, um das Ultraschallsignal diffus zu streuen. Die Rillen sind aus strömungstechnischen Gründen vorzugsweise in Strömungsrichtung ausgerichtet.

25

Das Wandlerarray ist vorzugsweise bündig mit der Innenwand der Rohrleitung montiert. Dadurch wird die Strömung des Fluids nicht gestört und es treten insbesondere keine Turbulenzen auf.

30

Das erfindungsgemäße Wandlerarray ist darüber hinaus vorzugsweise in der oberen Hälfte einer Rohrleitung montiert. Dies hat den Vorteil, dass sich am Wandlerarray nur wenig Staub oder Schwebstoffe ansammeln können. Sofern das
35 Wandlerarray und die Reflexionsfläche seitlich gegenüberliegend an der Rohrleitung angeordnet sind, werden beide Elemente relativ wenig verschmutzt.

Der Ultraschall-Strömungssensor umfasst vorzugsweise eine
40 Sende- und Empfangselektronik, die das Wandlerarray in

5 gewünschter Weise anregt und das reflektierte
Ultraschallsignal detektiert und auswertet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten
Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

10

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Ultraschall-
Strömungssensors gemäß einer ersten Ausführungsform der
Erfindung;

15

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Ultraschall-
Strömungssensors gemäß einer zweiten Ausführungsform der
Erfindung; und

20

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Ultraschall-
Strömungssensors gemäß einer dritten Ausführungsform der
Erfindung.

25

Fig. 1 zeigt einen Ultraschall-Strömungssensor zum Messen des
Volumen- oder Massestroms eines Fluids 1, das durch eine
Rohrleitung 3 strömt. Der Strömungssensor umfasst im
wesentlichen ein Ultraschall-Wandlerarray 2 aus mehreren
einzelnen, parallel angeordneten streifenförmigen
Ultraschallwandlern 2a-2n, die jeweils Ultraschallsignale
erzeugen und diese an eine gegenüberliegende Reflexionsfläche
4 aussenden. Durch Interferenz der Einzelsignale entsteht
eine globale Wellenfront 7, die sich durch das strömende
Fluid 1 quer zur Strömungsrichtung ausbreitet, an der
Reflexionsfläche 4 reflektiert wird und dann wieder auf das
Wandlerarray 2 trifft. Die Lage des Bildpunktes P ist dabei
ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit v des Fluids 1.

35

In diesem Ausführungsbeispiel werden die einzelnen
Ultraschallwandler 2a-2n des Wandlerarrays 2 separat
angesteuert, so dass aufgrund der Gangunterschiede der
Einzelsignale eine in Strahlungsrichtung konkav gekrümmte,
etwa zylinderförmige Wellenfront 7 entsteht, deren

40

5 Randbereiche 8 zuerst auf die Reflexionsfläche 4 treffen. Die
Welle 7 wird dadurch fokussiert und trifft im wesentlichen
linienförmig an einem Punkt P auf das Wandlerarray 2. Je nach
Strömungsgeschwindigkeit v wandert der Bildpunkt P mehr oder
weniger stark in Strömungsrichtung 12 (Effekt der
10 Strahlverwehung). Der Strahlverlauf bei höherer
Strömungsgeschwindigkeit v ist durch gestrichelte Linien und
einen Bildpunkt P' gekennzeichnet.

Fig. 1 zeigt rechts oben die Intensitätsverteilung 10 bzw. 10'
15 eines empfangenen Ultraschallsignals 9 bei unterschiedlichen
Strömungsgeschwindigkeiten v . Bei geringer
Strömungsgeschwindigkeit (bzw. ohne Strömung) ergibt sich am
Wandlerarray 2 eine Intensitätsverteilung 10, deren Maximum
etwa in der Mitte des Wandlerarrays 2 liegt. Bei hoher
20 Strömungsgeschwindigkeit verschiebt sich dieses Maximum näher
an den Rand des Wandlerarrays 2. Die zugehörige
Intensitätsverteilung der Schallintensität ist hier mit dem
Bezugszeichen 10' gekennzeichnet. Eine Empfangselektronik 6
wertet das an den Ultraschallwandlern 2a-2n detektierte
25 Ultraschallsignal aus und berechnet daraus die gewünschte
Messgröße.

Die Reflexionsfläche 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel
lediglich ein dem Wandlerarray 2 gegenüberliegender Abschnitt
30 der Rohrwand. Zur Verbesserung der Reflexions-
eigenschaften könnte die Rohrwand im Bereich der
Reflexionsfläche 4 z.B. poliert oder mit einer speziellen
Reflexionsschicht versehen werden.
Das Wandlerarray 2 ist hier oben auf der Rohrleitung 3
35 angebracht, um zu verhindern, dass sich Staub oder
Schwebstoffe am Wandlerarray ansammeln. Alternativ könnte das
Wandlerarray 2 auch seitlich an der Rohrleitung 3 montiert
werden, so dass der reflektierende Wandbereich ebenfalls
seitlich an der Rohrleitung 3 liegen und folglich weniger
40 verschmutzen würde.

5 Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer anderen
Ausführungsform eines Ultraschall-Strömungssensors mit einem
einzelnen Wandlerarray 2 und einer gegenüberliegenden
Reflexionsfläche 4. Die Sende- und Auswerteschaltungen 5 bzw.
6 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen. Gleiche
10 Bestandteile sind mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.
Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die einzelnen
Ultraschallwandler 2a-2n des Wandlerarrays 2 derart
angesteuert, dass durch Interferenz der Einzelsignale eine
ebene Wellenfront 7 entsteht, die in Richtung der
15 Reflexionsfläche 4 läuft. Die Reflexionsfläche 4 ist derart
gekrümmt, dass das Ultraschallsignal 7 fokussiert wird und
etwa linienförmig oder punktförmig auf das Wandlerarray 2
trifft. Eine exakt punktförmige Fokussierung ist nicht
zwingend notwendig.

20

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 2 ist die Reflexionsfläche 4
als eine Ausbuchtung in der Rohrwand des Rohres 3 gebildet,
um die Strömung des Fluids 1 nicht zu behindern und
insbesondere möglichst geringe Turbulenzen hervorzurufen.

25

30

35

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Ultraschall-
Strömungssensors mit einem einzigen Wandlerarray 2 und einer
gegenüberliegenden Reflexionsfläche 4. Die Ausdehnung der
Reflexionsfläche 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel kleiner
als die Länge des Wandlerarrays 2. Angrenzend an die
Reflexionsfläche 4 ist eine Abblendeinrichtung 11 vorgesehen,
die das auftreffende Schallsignal dämpft bzw. filtert. D.h.
der auf die Abblendeinrichtung 11 auftreffende Teil eines
Ultraschallsignals 7 wird nicht oder nur gedämpft auf das
40 Wandlerarray 2 zurück reflektiert. Die Abblendeinrichtung 11
kann z.B. als Wandbereich mit besonders rauher Oberfläche
oder z.B. als ein mit Rillen versehener Bereich der
Rohrinnenwand realisiert sein.

40

Am Wandlerarray 2 ergibt sich somit ein Muster mit hoher
Schallintensität durch den an der Reflexionsfläche 4

5 reflektierten Teil des Signals 7 und mit niedriger
Schallintensität durch den an der Abblendeinrichtung 11
gedämpften Teil des Signals 7. Die Grenzen dieses Musters
verschieben sich wiederum in Abhängigkeit von der
Strömungsgeschwindigkeit v des Fluids 1. Aus der Position des
10 Musters kann wiederum die gewünschte Messgröße ermittelt
werden.

5 03.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Bezugszeichenliste

10

1	Fluid
2	Wandlerarray
2a-2n	Ultraschallwandler
3	Rohrleitung
15 4	Reflexionsfläche
5	Sendeelektronik
6	Empfangselektronik
7	gesendete Welle
8	Wellengrenzen
20 9	reflektierte Welle
10, 10'	Intensitätsverteilung
10	Abblendeinrichtung
11	Strömungsrichtung
P, P'	Bildpunkt

25

5 03.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Patentansprüche

10

1. Ultraschall-Strömungssensor, insbesondere zum Messen des Volumen- oder Massestroms eines Fluids (1), das in einer Rohrleitung (3) strömt, mit wenigstens einem Ultraschallwandler (2a-2n) zum Aussenden und Empfangen von Ultraschallsignalen (7,9), gekennzeichnet durch

15

- ein Array (2) aus mehreren Ultraschallwandlern (2a-2n), das an der Rohrleitung (3) angeordnet ist und Ultraschallsignale (7) aussendet, die durch das Fluid (1) laufen,

20

- eine dem Array (2) gegenüberliegende Reflexionsfläche (4), und

- eine Empfangselektronik (6), die ein an der Reflexionsfläche (4) reflektiertes und am Array (2) empfangenes Ultraschallsignal (9) detektiert und

25

auswertet.

2. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Wandlerarray (2) gepulst betrieben wird.

30

3. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sendeelektronik (5) vorgesehen ist, mit der die einzelnen Ultraschallwandler (2a-2n) individuell und unabhängig voneinander angesteuert werden können.

35

4. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Ultraschallwandler (2a-2n) derart betrieben werden, dass eine Ultraschallwelle (7) mit einer im wesentlichen zylinderförmigen, kugelförmigen,

40

5 ellipsoidförmigen oder sonstig gekrümmten Wellenfront erzeugt wird.

5. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen
10 Ultraschallwandler (2a-2n) derart betrieben werden, dass eine Ultraschallwelle mit einer im wesentlichen ebenen Wellenfront erzeugt wird.

6. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden
15 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Wandlerarray bündig mit der Innenwand der Rohrleitung (3) montiert ist.

7. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Wandlerarray in
20 der oberen Hälfte oder seitlich an der Rohrleitung (3) montiert ist.

8. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reflexionsfläche
25 (4) ein Teil der Rohrrinnenwand ist, wobei die Gestalt der Reflexionsfläche gegenüber anderen Rohrabschnitten nicht modifiziert ist.

9. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die
30 Reflexionsfläche (4) an einer Ausbuchtung der Rohrrinnenwand vorgesehen ist.

10. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine
35 Abblendvorrichtung (11) nahe der Reflexionsfläche (4) vorgesehen ist.

11. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandler (2a-2n)
40 des Wandlerarrays (2) derart angesteuert werden, dass die an

5 der Reflexionsfläche (4) reflektierte Welle (9) im wesentlichen punktförmig oder linienförmig auf das Wandlerarray (2) auftrifft.

5 03.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Zusammenfassung

10

Ultraschall-Strömungssensor mit Wandlerarray und
Reflexionsfläche

15

Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor, insbesondere zum Messen des Volumen- oder Massestroms eines Fluids (1) in einer Rohrleitung (3), mit wenigstens einem Ultraschallwandler (2a-2n), der in der Lage ist,

20

Ultraschallsignale (7) auszusenden und zu empfangen. Ein besonders einfach aufgebauter und kostengünstiger Ultraschall-Strömungssensor, der nach dem Prinzip der Strahlverwehung arbeitet, umfasst ein Array (2) aus mehreren Ultraschallwandlern (2a-2n), das an einer Seite der Rohrleitung (3) angeordnet ist, und eine dem Array (2) gegenüberliegende Reflexionsfläche (4), an der die

25

ausgesendeten Ultraschallsignale (7) reflektiert werden, und eine Empfangselektronik (6), die das von den Ultraschallwandlern (2a-2n) empfangene Ultraschallsignal (9) auswertet.

Fig. 1

1 / 2

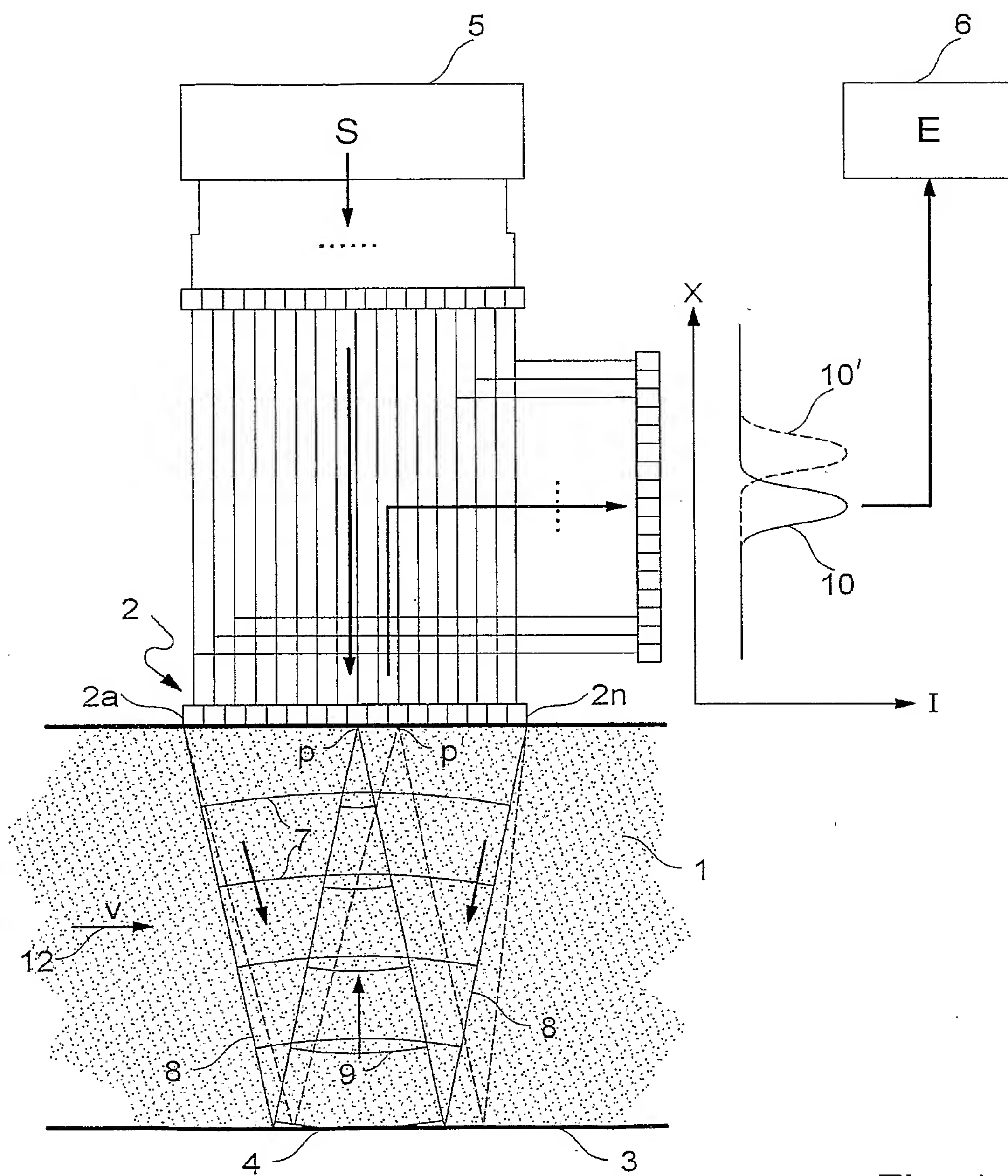


Fig. 1

2 / 2

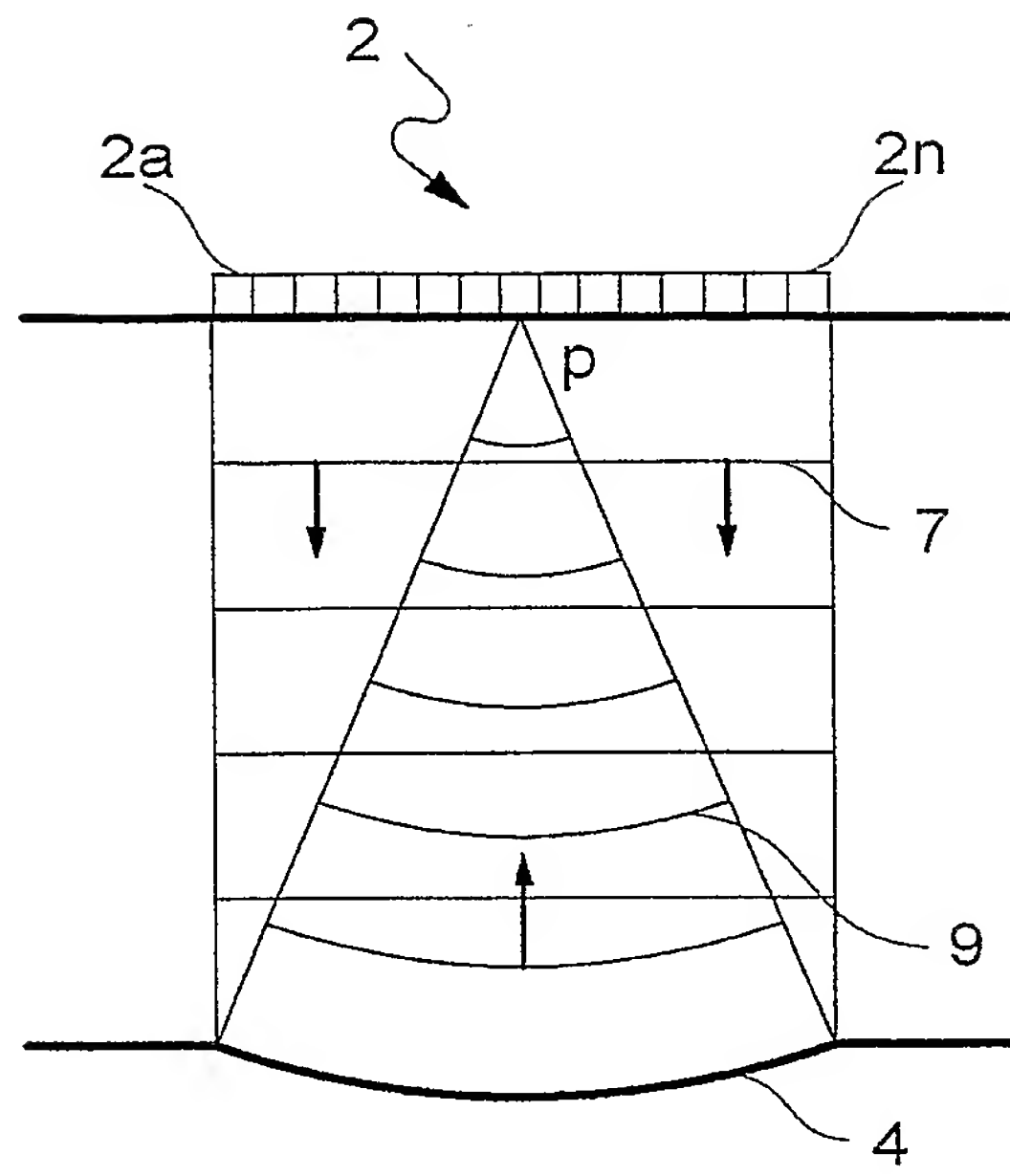


Fig. 2

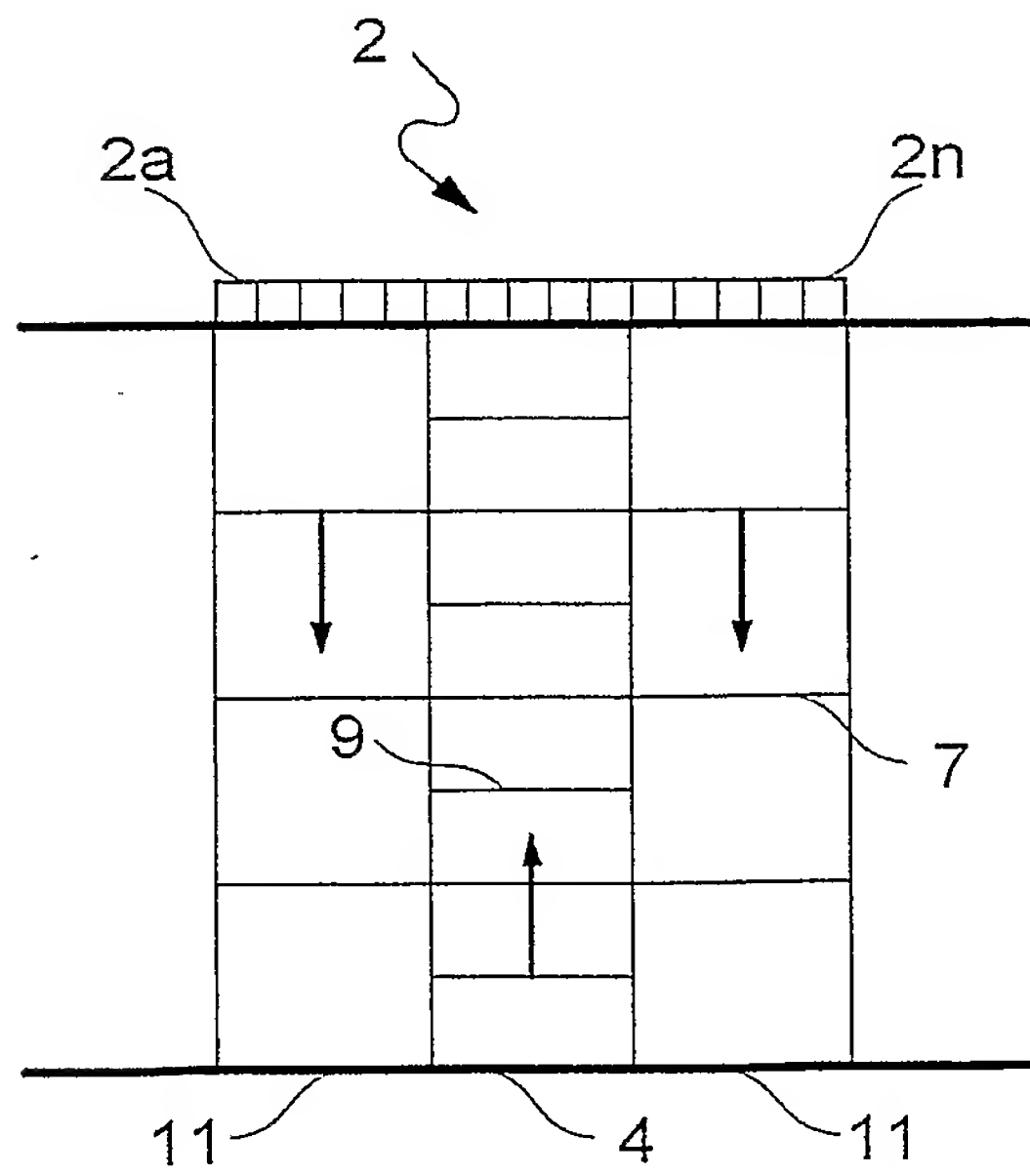


Fig. 3